

文章编号:1007-2780(2016)05-0511-07

复杂环境中车辆检测与跟踪方法的研究

王 齐,金小峰*

(延边大学 工学院 计算机科学与技术系 智能信息处理研究室,吉林 延吉 133002)

摘要:提出了一种在复杂环境中车辆检测与跟踪方法。该方法首先分析车辆的外形特点,确定采用从 Blob 块提取的几何形状参数作为车辆的特征并用于运动车辆的检测;然后结合 Blob 分析和 CamShift 算法提出了车辆跟踪方法。实验结果表明,本文采用的车辆特征参数能够准确地检测车辆,并能准确地区分车辆和行人群体,车辆检测与跟踪准确率分别达到了 96.7% 和 86.7%,证明该方法适用于复杂环境下车辆的检测与跟踪应用要求。

关键词: 动目标检测;车辆检测与跟踪;Blob 分析;CamShift

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20163105.0511

Vehicle detecting and tracking method in complex environments

WANG Qi, JIN Xiao-feng*

(Intelligent Information Processing Lab, Department of Computer Science & Technology,
Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: The paper proposes a method of vehicle detecting and tracking in complex environments. Firstly, by analyzing the vehicle external feature, the geometrical shape parameters extracted from its Blob blocks are employed to detect the moving vehicles. Then, vehicle tracking method is presented based on Blob analysis and CamShift algorithm. Experimental results show that the proposed method can detect the target vehicle and distinguish the vehicle and pedestrian accurately. The precision rate of vehicle detecting and tracking achieve 96.7% and 86.7% respectively, which prove that the method is appropriate for the demand of vehicle detecting and tracking in complex environments.

Key words: moving object detection; vehicle detecting and tracking; Blob analysis; CamShift

1 引言

运动车辆的检测与跟踪方法一直是广大研究者关注的一个热点问题,它涉及计算机图像处理技术、模式识别、信号处理和融合等多个领域的技

术,在智能交通和安防监控系统方面具有重要的研究意义。但是,车辆检测与跟踪方法中环境因素对检测与跟踪结果产生很大的影响^[1-2],如雨雪、雾霾和沙尘天气等。另外,在没有交通规则约束的复杂环境中,因为行人和车辆混杂也会增加车辆检测与跟踪的难度。

收稿日期:2015-05-19;修订日期:2015-08-17.

基金项目:吉林省科技厅自然科学基金(No. 20140101225JC)

Supported by Jilin Province Natural Science Foundation of China. (No. 20140101225JC)

* 通信联系人, E-mail: xfjin@ybu.edu.cn

传统的基于图像特征的车辆检测与跟踪技术采用了车辆显著的视觉特征、统计特征、变换系数特征和代数特征^[3-4]。杨龙文等^[5]提出一种基于HOG+Adaboost检测和混合粒子滤波(MPF)相结合,并在跟踪过程中为每个新目标相互独立地分配新的粒子集,并采用分块和积分与LBP特征融合作为目标的观测模型的算法。针对连续自适应CamShift目标跟踪算法只适用于颜色目标跟踪且受光线及背景色的干扰较大的缺点,丁业兵等^[6]提出改进的CamShift目标跟踪算法,该算法可以有效跟踪多色彩目标,并能够抵御一定光照变化和大面积同色干扰的问题。此外,还有基于MeanShift、运动模板匹配、粒子群等目标跟踪算法。文献[7]针对传统智能监控中行人车辆检测与分类算法存在的目标分割不完整、分类准确率低等问题,提出利用邻域信息动态调整置信区间构建背景,通过自适应EM聚类方法提取目标长宽和面积作为特征,将目标分为行人和车辆的方法。文献[8]介绍了车辆识别的多种方法,并对车辆检测手段进行了梳理总结。文献[9]提出了一种基于卡尔曼滤波思想的改进码本模型目标检测算法,在视频流的静态帧中较好地检测出车辆。

本文提出的一种运动车辆检测与车辆跟踪方法,在车辆的视觉特征基础上结合了Blob和CamShift跟踪算法,能够在复杂的环境中实现车辆的检测与跟踪。

2 基于 Blob 分析的运动车辆检测

本文提出的车辆跟踪的具体工作流程图参见图 1。

图 1 中背景构造及更新过程中后续帧以 0.03% 的概率叠加,通过背景差分方法检测运动目标,并为每一个运动目标建立相应的 Blob 信息。车辆检测主要采用几何形状特征进行判断,跟踪采用了 Blob 分析与 CamShift 联合的方法,以期提高跟踪的准确性。

计算机视觉技术中的 Blob 是指图像中的具有相似颜色、纹理等特征所组成的一块连通区域^[10-11]。Blob 分析就是将图像进行二值化和分割后得到前景和背景进行连通区域检测,从而得到 Blob 块的过程^[12]。从 Blob 中可以提取运动车辆特征信息,如:质心、宽高比、面积、周长、最小

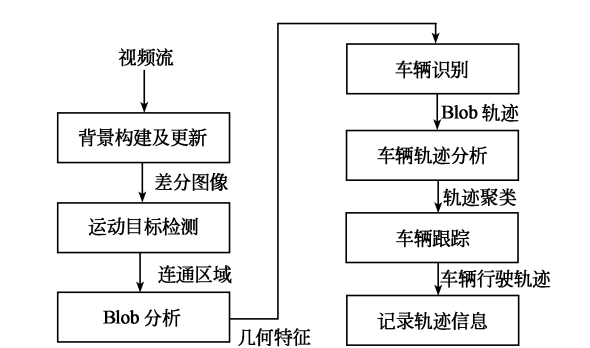


图 1 车辆检测与跟踪的工作流程图

Fig. 1 Vehicle detecting and tracking work flow diagram

包围矩形,以及颜色直方图等^[13-14]。Blob 面积可以作为一种度量方法,它对应着 Blob 连通区域内的像素数目,可用公式(1)表示,

$$S = \sum_{(x,y) \in R(x,y)} f(x,y), \quad (1)$$

其中: S 是 Blob 的面积, $R(x,y)$ 代表 Blob 对应的连通区域。

Blob 的周长可用公式(2)计算,

$$C = \sum_{(x,y) \in \Gamma} f(x,y), \quad (2)$$

其中: C 代表 Blob 连通区域周长, Γ 表示边界曲线,即求解边界上所有像素的集合。

在获取 Blob 的连通区域后,还可以计算它的质心坐标和外接最小包围矩形等参数。根据常见车辆的几何参数^[15],本文的车辆检测方法将 Blob 的质心坐标、面积和最小包围矩形等几何参数以及行驶和停驶帧数、轨迹等运动信息作为车辆的特征参数(参见图 2 中右侧的 Blob 块数据结构),这些参数计算量少而且能够有效地区分车辆和行人。图 3 表示了本文提出的车辆检测方法流程图。

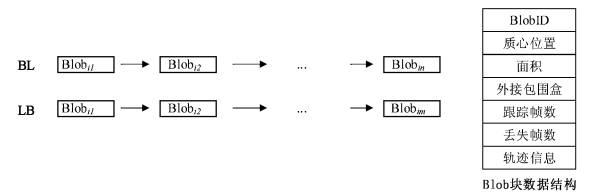


图 2 BL 和 LB 链表结构

Fig. 2 Structure of BL and LB lists

图 3 中 T_a 为宽高比例阈值, T_b 为 Blob 像素面积阈值, T_a 和 T_b 由文献[16]提供的车辆几何形状参数确定, k 为连续帧数量。在本文的车辆检测方法中,依靠 Blob 块的几何特征不能准确地区

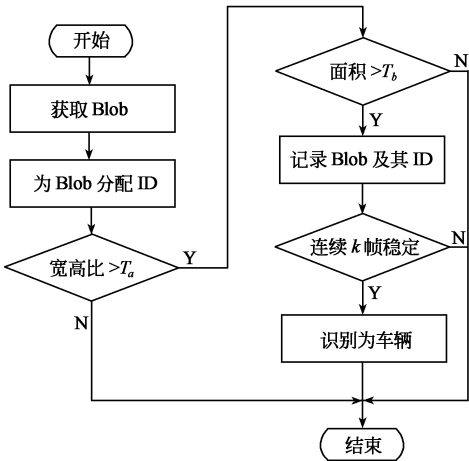


图 3 车辆检测方法流程图

Fig. 3 Vehicle detecting method flowchart

分车辆和行人群体(3~5 人),为此采用了连续多帧跟踪 Blob 块稳定性的判别方法来区分行人群体和车辆。本文研究过程中发现,与车辆的刚体运动相比,行人群体移动过程呈现出非刚体运动的特性,其形状在运动过程会发生较大变化,因此选择合适的参数 k 可以有效去除人群干扰,减少车辆检测的误判情况。即连续 k 帧 Blob 块保持形态及轨迹连续,则可以判定为车辆信息,否则视为行人群体 Blob 块。

每个跟踪的 Blob 块利用两个链表来记录其运动轨迹^[17]信息(参见图 2),一个是记录目前跟踪的每个 Blob 块链表(简称 BL, Blob List),另一个是记录所有丢失的 Blob 块链表(简称 LB, Lost Blob list)。因为,每一个节点存储了 Blob 块的运动信息,因此运动轨迹分析就是从这些分布的节点中提取出轨迹信息来,分析它们的跟踪帧数和丢失帧数之间的关系用于判断车辆当前的状态。根据 Blob 块的丢失和新增情况,删除丢失或驶离监控区域的车辆 Blob 信息。

3 运动车辆跟踪

车辆的跟踪方法可以采用连续帧 Blob 块直方图匹配的方式寻找最相似的 Blob 块,以此作为跟踪结果。但是,Blob 块的直方图特征仅反映了颜色的统计分布特征,不能反映颜色的空间分布情况,这对于场景中同时存在多辆颜色相近的车辆跟踪带来不利影响。因此,本文提出的车辆跟

踪方法是在 Blob 跟踪方法的基础上引入了 CamShift 的跟踪算法来提高跟踪的准确率^[18-19]。

3.1 基于 Blob 颜色特征的车辆跟踪方法

该算法的核心思想是将车辆的 Blob 块区域对应的子图像,通过直方图匹配的方法寻找相邻帧间最接近的 Blob 块对,把它们作为跟踪的结果。在跟踪过程中使用 3 个链表,其中两个链表 BL 和 LB 前面已描述,第 3 个链表是当前帧提取的所有 Blob 块 TB。基于 Blob 分析的车辆跟踪算法如下:

输入:当前跟踪的 Blob 链表 $BL = \{\Phi\}$,当前帧的 Blob 链表 $TB = \{\Phi\}$,临时丢失的 Blob 链表 $LB = \{\Phi\}$ 。

输出:BL 和 LB。

Step. (1) 提取当前帧中所有的 Blob。若 $BL = \{\Phi\}$,则为提取的每个 Blob 分配 ID 并存入 BL 中;否则给每个 Blob 分配一个临时 ID 并存入 TB 中;

Step. (2) 将 TB 与 BL 和 LB 中的 Blob 逐个进行直方图匹配;

(1) 若在 BL 中找到匹配项,更新其行驶帧数,然后从 TB 中移除;

(2) 若在 LB 找到匹配项,将 LB 中的匹配项移到 BL 中,然后从 TB 中删除;

(3) 若 TB 在 BL 和 LB 均未找到匹配项,则将该 Blob 视为一个新的跟踪车辆,将其移入 BL 中并分配一个新 ID,再从 TB 中删除它;

Step. (3) 若所有的 TB 数据都处理完毕,将 BL 中没有找到匹配的数据,移至 LB 中;

Step. (4) 更新 LB 中 Blob 的丢失帧数;

Step. (5) 判断 LB 丢失帧数。若大于设定的阈值,则删除对应的 Blob;

Step. (6) 判断 BL 中每个 Blob 的跟踪帧数,若大于 k ,则记录运动轨迹;

Step. (7) 当前帧处理完毕,提取下一帧的 Blob 块,再转 Step (1)。

通过上面的跟踪算法,获取车辆的跟踪信息 BL 中记录了跟踪车辆的轨迹信息,场景中驶离或误识车辆的轨迹信息均记录在 LB 中。

3.2 Blob 分析与 CamShift 算法结合的车辆跟踪方法

如前所述,引入 CamShift 跟踪算法的目的是为了提高跟踪的准确率,解决跟踪对象丢失问题。

假设在第 $K+1$ 帧使用 Blob 方法跟踪产生了目标丢失或结果偏差过大,则使用 K 帧的 Blob 与 $K+1$ 帧进行 CamShift 跟踪,若成功跟踪则更新 BL,否则将此 Blob 移至 LB。结合 Blob 与 CamShift 的运动车辆跟踪方法如图 4 所示。

结合 Blob 与 CamShift 的运动车辆跟踪方法步骤描述如下:

- Step. (1) 将第 K 帧的匹配失败的 Blob 设定为 CamShift 的跟踪目标;
- Step. (2) 目标的连通区域颜色模型转化为

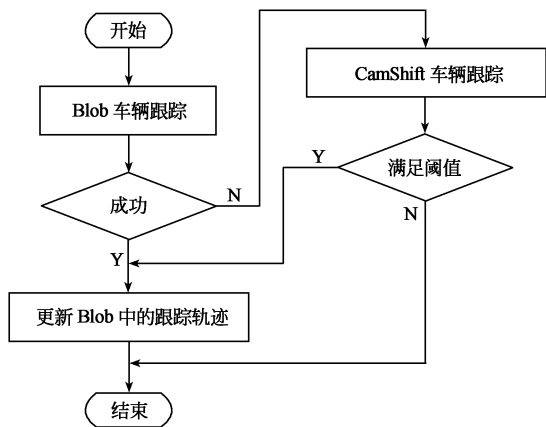


图 4 Blob 与 CamShift 方法结合的车辆跟踪方法
Fig. 4 Vehicle tracking method with Blob and Cam-Shift integration

- HSV 颜色空间;
- Step. (3) 提取 H 分量并计算其反向投影 P ;
- Step. (4) 使用 CamShift 算法在 $K+1$ 帧中获得跟踪结果,即匹配的新的 Blob;
- Step. (5) 比较第 K 和第 $K+1$ 帧的 Blob,判断两者的质心运动偏移量是否满足阈值;若满足则更新 BL,否则跟踪失败。

4 实验结果与分析

为了验证提出的复杂环境中车辆检测与跟踪方法的有效性,本文分别进行了运动车辆的检测实验和车辆跟踪实验。选择学校教学楼前场地为监控场景,该场景中没有交通规则的约束,存在行人和车辆混杂运动的特点,因此是一个较为复杂的环境。有利于验证本文方法能否有效区分行人和车辆,而且可以充分验证车辆的跟踪准确性。

4.1 运动车辆检测实验

为了验证 Blob 几何特征参数能否作为车辆的检测依据,并能有效地区分行人和车辆,实验随机地选取了多组白天不同时段(包含高峰期和低峰期)进行了运动车辆检测测试。表 1 是某次测试结果。

表 1 连续帧序列中人车 Blob 特征参数的对比

Tab. 1 Comparison of pedestrian and vehicle Blob features in frame sequences

帧序	面积(px)	宽高比	判定结果	帧序	面积(px)	宽高比	判定结果
2228	320	0.8	人	2231	660	1.65	车
2228	672	1.52	车	2232	252	0.57	人
2229	320	0.8	人	2232	672	1.52	车
2229	700	1.75	车	2233	273	0.61	人
2230	315	0.71	人	2233	770	1.59	车
2230	672	1.52	车	2234	308	0.63	人
2231	264	0.54	人	2234	693	1.57	车

表 1 表明,运动目标的宽高比可以作为区分行人和车辆判别的依据之一。根据摄像机的标定参数,监控区域中车辆的特征必须符合两个条件:(1) $T_b > 600$ px, (2) $T_a > 0.8$ 。通过这两个条件的判定,能够有效检测车辆,并能去除单个行人干

扰,再结合连续多帧跟踪目标的稳定性分析,即取 $k=5$ 时,还可以去除行人群体(3~5 人)的干扰,同时能去除差分过程中的光照影响。

4.2 运动车辆跟踪实验

本实验采用 3.2 提出的 Blob 分析与 CamShift

算法结合的车辆跟踪方法,进行了车辆的跟踪实验。实验针对 3 个时段每次 10 min 左右的实时视频流,测试结果见表 2。表 2 表明,在白天光照条件下车辆检测与跟踪效果良好,检测率最高达到了 100%,平均车辆检测准确率达到 96.7%;跟踪准确率最高 90%,最低达到 66.7%,平均 86.7%。在光照条件不佳的情况下(测试环境冬季 17:00 点太阳

快要落山),车辆的检测率与准确率都下降,尤其是跟踪准确率仅能达到 66.7%。

图 5 是跟踪测试效果截图,红线表示产生的运动轨迹。从图 5 可以看出,场景中的行人作为干扰目标已消除,Blob 和 CanShift 两者结合的方法产生的车辆轨迹具有连续性而且与车辆的实际运动路线吻合,证明本文跟踪方法准确、鲁棒。

表 2 不同时段车辆检测与跟踪结果

Tab. 2 Vehicledetecting and tracking result in different time section

视频	时间	车辆数	检测车辆数量	检测准确率%	成功车辆跟踪	丢失跟踪车辆	跟踪准确率%
测试视频 1	7:00 am	10	10	100	9	1	90%
测试视频 2	12:00 pm	35	35	100	33	2	94.29
测试视频 3	17:00 pm	15	13	86.7	10	5	66.7
平均		60	58	96.7	52	8	86.7



(a) 第 300 帧跟踪轨迹
(a) trace in 300th frame



(b) 第 402 帧跟踪轨迹
(b) trace in 402nd frame



(c) 第 750 帧跟踪轨迹
(c)trace in 750th frame

图 5 车辆跟踪轨迹图

Fig. 5 Traces of moving vehicle

5 结 论

本文提出的车辆检测与跟踪方法,能够有效地检测复杂环境中运动车辆,采用的连续多帧 Blob 特征参数分析方法能准确地区分行人和车辆之间的差别,同时结合 Blob 分析和 CamShift 算法的运动车辆跟踪方法提高了车辆跟踪的准确

性。研究成果适用于视频监控系统的需求,具有较高的实用价值。不足之处在于,车辆检测时采用的车辆 Blob 特征的面积和长宽比参数采用了经验值,如果根据它们与摄像机标定参数之间关系自适应地确定,可以提高方法的普适性。另外,本文方法在光照条件变差时车辆的检测准确率与跟踪准确性均变差,需要在以后的研究中进一步探索解决方法。

参 考 文 献:

[1] 王燕玲,李广伦,林晓. 复杂动态环境下运动目标自动检测算法[J]. 系统仿真学报,2015,27(4):715-722.
WANG Y L, LI G L, LIN X. Method for auto-detection of tracking moving objects in complicated dynamic environment [J]. *Journal of System Simulation*, 2015, 27(4): 715-722. (in Chinese)

- [2] 程健, 项志宇, 于海滨, 等. 城市复杂环境下基于三维激光雷达实时车辆检测[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2014, 48(12): 2101-2106, 2180.
CHENG J, XIANG Z Y, YU H B, *et al.* Real-time vehicle detection using 3D lidar under complex urban environment [J]. *Journal of Zhejiang University: Engineering Science*, 2014, 48(12): 2101-2106, 2180. (in Chinese)
- [3] 邱凌赞, 韩军, 顾明. 车道模型的高速公路车辆异常行为检测方法[J]. 计算机应用, 2014, 34(5): 1378-1382.
QIU L Y, HAN J, GU M. Abnormal behavior detection for highway vehicle based on lane model [J]. *Journal of Computer Applications*, 2014, 34(5): 1378-1382, 1390. (in Chinese)
- [4] 金立生, 王岩, 刘景华, 等. 基于 Adaboost 算法的日间前方车辆检测[J]. 吉林大学学报: 工学版, 2014, 44(6): 1604-1608.
JIN L S, WANG Y, LIU J H, *et al.* Front vehicle detection based on Adaboost algorithm in daytime [J]. *Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition*, 2014, 44(6): 1604-1608. (in Chinese)
- [5] 杨龙文, 黄植功. 基于多特征融合的粒子滤波多目标跟踪算法研究[J]. 计算机应用与软件, 2015, 32(4): 225-229.
YANG L W, HUANG Z G. Particle filter multi-target tracking algorithm based on multi-features fusion [J]. *Computer Applications and Software*, 2015, 32(4): 225-229. (in Chinese)
- [6] 丁业兵, 王年, 唐俊, 等. 基于颜色和边缘特征 CAM Shift 目标跟踪算法[J]. 华东理工大学学报: 自然科学版, 2012, 38(1): 69-74, 101.
DING Y B, WANG N, TANG J, *et al.* CAM Shift object tracking algorithm based on color and edge feature [J]. *Journal of East China University of Science and Technology: Natural Science Edition*, 2012, 38(1): 69-74, 101. (in Chinese)
- [7] 杨阳, 唐慧明. 基于视频的行人车辆检测与分类[J]. 计算机工程, 2014, 40(11): 135-138.
YANG Y, TANG H M. Pedestrian-vehicle detection and classification based on video [J]. *Computer Engineering*, 2014, 40(11): 135-138. (in Chinese)
- [8] 李开明, 张群, 罗迎, 等. 地面车辆目标识别研究综述[J]. 电子学报, 2014, 42(3): 538-546.
LI K M, ZHANG Q, LUO Y, *et al.* Review of ground vehicles recognition [J]. *Acta Electronica Sinica*, 2014, 42(3): 538-546. (in Chinese)
- [9] 刘翔, 杨鑫, 王蕾. 改进的基于码本模型目标检测算法[J]. 液晶与显示, 2014, 29(6): 997-1002.
LIU X, YANG X, WANG L. Object detection algorithm based on improved codebook model [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(6): 997-1002. (in Chinese)
- [10] 施小成, 郝丽超, 张伟, 等. 基于 Blob 分析和贝叶斯决策的水下目标提取方法[J]. 计算机应用, 2012, 32(11): 3214-3217.
SHI X C, HAO L C, ZHANG W, *et al.* Underwater targets extraction method based on Blob analysis and Bayesian design-making [J]. *Journal of Computer Applications*, 2012, 32(11): 3214-3217. (in Chinese)
- [11] COLLINS R T. Mean-shift blob tracking through scale space [C]. *Proceedings of the 2003 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Madison, WI, USA: IEEE, 2003: II-234-240.
- [12] SUN Z H, BEBIS G, MILLER R. Improving the performance of on - road vehicle detection by combining Gabor and wavelet features [C]. *Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, Singapore: IEEE, 2002: 130-135.
- [13] JAZAYERI A, CAI H Y, ZHENG J Y, *et al.* Vehicle detection and tracking in car video based on motion model [J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2011, 12(2): 583-595.
- [14] VOSTERS L, SHAN C F, GRITTI T. Real-time robust background subtraction under rapidly changing illumination conditions [J]. *Image and Vision Computing*, 2012, 30(12): 1004-1015.
- [15] 李伟生, 汪钊. 基于时空背景模型的自适应运动目标检测方法[J]. 计算机应用, 2014, 34(12): 3515-3520.
LI W S, WANG Z. Adaptive moving object detection method based on spatial-temporal background model [J]. *Journal of Computer Applications*, 2014, 34(12): 3515-3520. (in Chinese)
- [16] WU J, CUI Z M, CHEN J M, *et al.* A survey on video-based vehicle behavior analysis algorithms [J]. *Journal of Multimedia*, 2012, 7(3): 223-230.

[17] CHENG Y Z. Mean shift, mode seeking, and clustering [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1995, 17(8): 790-799.

[18] YANG J, MU P A, DAI S G. Research on an improved Camshift algorithm [J]. *Computer Applications and Software*, 2014, 31(2): 167-170.

[19] LIU M, ZHAO X L. Target tracking based on improved Camshift algorithm [J]. *Journal of Nanjing University of Science and Technology*, 2013, 37(5): 755-760.

作者简介:王齐(1975—),男,吉林梨树人,硕士研究生,主要研究领域为智能信息处理。E-mail:wangqi@ybu.edu.cn

金小峰(1970—),男,黑龙江东宁人,副教授,硕士研究生导师,主要研究领域为智能信息处理。E-mail:xfjin@ybu.edu.cn